

## ABSTRACT

*The tollroad must give the higher service to the traffic than alternative roads. Vehicles will enter the queueing system if they pass the toll gates. This investigation taken at Pondok Gede East Toll Plaza at Jakarta-Cikampek Tollroad that has 6 entrances gates (take ticket only) and 11 gates for payment toll fee. The intention of the research is to optimize the opening of the toll gates which are appropriate to the traffic arrival.*

*The investigation concerns with the service time at toll gates taken at entrance gates and payment toll fee gates with or without change money or (customer). The service time began from the time that the vehicle moves forward being served until the vehicle left the toll gate.*

*The results showed that the rate of service time is 8,74 seconds per vehicle for the payment toll gate with change money, and 5,62 seconds per vehicle for the payment toll gate without change money (customer), and 4,06 second per vehicle for the entrance gate. The use of equations of the queueing system, and the arrival vehicles are simulated, the average number of the vehicles waiting to be served and average waiting time could be counted. Considering the maximum waiting time and number of vehicles waiting that could be tolerated, the number of toll gates must be opened appropriate to the traffic arrival could be fixed on. The conclusion of this investigation suggested that for the entrance toll gate serve 13 up to 14 vehicles per minute per gate and 5 up to 6 vehicles per minute per gate for the payment toll gate with change money.*

## PENDAHULUAN

## Latar Belakang Permasalahan

Di Indonesia pembangunan jalan bebas hambatan yang dikembangkan saat ini semuanya merupakan jalan tol. Jalan tersebut diharapkan selain dapat melayani arus lalu lintas dengan kecepatan tinggi, juga mempunyai kapasitas yang besar. Pada saat melewati gerbang tol, kendaraan akan melakukan pembayaran tol atau hanya mengambil karcis tanda masuk jalan tol, sehingga kendaraan akan masuk kedalam suatu sistem antrian. Umumnya apabila pintu tol hanya sebagai tempat pengambilan karcis, maka waktu pelayanan kendaraan adalah kecil bila dibandingkan dengan waktu pelayanan pada pintu yang melayani pembayaran tol. Apabila arus kendaraan yang lewat kecil barangkali tidak akan terjadi antrian, sedangkan apabila arus meningkat sampai pada suatu tingkat kedatangan tertentu akan terjadi antrian kendaraan.

Salah satu yang harus diperhatikan pada pengelolaan jalan tol ialah pengaturan jumlah pintu tol yang harus dioperasikan sesuai dengan tingkat kedatangan arus lalu lintasnya. Apabila arus lalu lintas rendah, pengoperasian seluruh pintu tol yang disediakan barangkali suatu pemborosan dalam hal penggunaan petugas jaga pintu tol, namun demikian apabila arus lalu lintas tinggi sedangkan pengoperasian pintu tol tidak mampu melayani arus lalu lintas yang lewat, maka akan terjadi antrian yang panjang. Untuk itu perlu diatur berapa jumlah pintu tol yang harus dioperasikan sesuai dengan tingkat kedatangan arus

lalu lintas agar penggunaan tenaga kerja efisien dan semua arus lalu lintas dapat dilayani dengan baik serta tidak terlalu lama menunggu dalam antrian.

Penelitian ini dilakukan pada gerbang tol Pondok Gede Timur Jalan Tol Jakarta-Cikampek, baik pada pintu pengambilan karcis bagi kendaraan yang akan keluar Jakarta maupun pada pintu pembayaran tol bagi kendaraan yang akan masuk Jakarta.

## Tujuan Penelitian

1. Mencari hubungan antara tingkat kedatangan kendaraan dengan jumlah kendaraan menunggu rata-rata.
2. Mencari hubungan antara tingkat kedatangan kendaraan dengan waktu kendaraan menunggu rata-rata.
3. Mencari hubungan antara tingkat kedatangan kendaraan dengan jumlah pintu tol yang harus dibuka sehingga dapat digunakan oleh pengelola jalan tersebut pada saat terjadi peningkatan arus yang cukup tinggi pada jam-jam sibuk atau hari-hari penting misalnya menjelang dan sesudah Idul Fitri, Natal dan Tahun Baru atau libur lainnya.

## TINJAUAN PUSTAKA

May (1990) mengatakan bahwa antrian terjadi apabila *demand* melebihi kapasitas untuk suatu periode tertentu atau waktu kedatangan *headway* lebih kecil daripada waktu pelayanan pada suatu lokasi yang spesifik. Terdapat 2 metode untuk menganalisis suatu antrian yaitu dengan metode *shock waves* dan metode

<sup>\*)</sup> Ir. Heru Budi Utomo, MT. Dosen Program Diploma Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM

antrian. Metode antrian sendiri masih dibedakan pada keadaan deterministik dan keadaan stokastik. Apabila distribusi kedatangan atau distribusi pelayanan merupakan distribusi probabilitas, tingkat kedatangan tertentu dan atau waktu pelayanan setiap kendaraan tidak diketahui, analisis harus dipilih cara stokastik. Sebaliknya apabila kedua variabel yaitu kedatangan dan pelayanan berdistribusi deterministik, kedatangan dan waktu pelayanan untuk setiap kendaraan diketahui maka dipilih analisis antrian deterministik.

Penelitian yang dilaksanakan ini ialah meneliti terjadinya antrian pada pintu tol. Pada penelitian ini diharapkan dapat ditentukan hubungan antara jumlah kedatangan lalu lintas dengan jumlah pintu tol yang harus dibuka pada keadaan tingkat pelayanan tertentu. Tingkat pelayanan lalu lintas dalam hal ini didasarkan pada beberapa kriteria misalnya jumlah maksimum kendaraan antri, waktu maksimum kendaraan dalam antrian ataupun waktu menunggu rata-rata ataupun kriteria lainnya. Nilai-nilai tersebut dapat dianalisis dengan cara mensimulasikan tingkat kedatangan kendaraan pada gerbang tol, sedangkan tingkat pelayanan rata-rata didapat dari survei lapangan pada saat kendaraan dilayani pada pintu tol.

Bahan masukan yang penting untuk tinjauan mengenai antrian ialah : nilai kedatangan rata-rata ( $\lambda$ ), distribusi kedatangan, nilai pelayanan rata-rata ( $\mu$ ), distribusi pelayanan dan cara antrian.

Nilai kedatangan rata-rata dilukiskan sebagai arus rata-rata kendaraan per jam atau sebagai selang waktu *headway* yaitu kendaraan per detik. Distribusi kedatangan dapat dispesifikasikan sebagai distribusi deterministik atau sebagai distribusi probabilitas. Pelayanan rata-rata dilukiskan sebagai arus rata-rata yang dapat dilayani dan dinyatakan dalam kendaraan per jam atau dapat juga dengan waktu *headway* yaitu detik per kendaraan. Distribusi pelayanan dapat dispesifikasikan sebagai distribusi deterministik atau distribusi probabilitas. Cara antrian dapat berupa FIFO (*first in first out*), FILO (*first in last out*) ataupun SIRO (*serve in random order*)

#### Pelayanan multi pintu

Apabila pada pelayanan terdapat banyak pintu (seperti misalnya gerbang tol pada plaza tol) maka dapat dibedakan menjadi dua cara kontrol masuk.

Pertama ialah terdapat sejumlah pintu masuk seperti pada pintu pelayanan, dan kedatangan dibagi rata sejumlah pintu. Oleh karena itu rata-rata kedatangan pada setiap pintu pelayanan adalah jumlah total kedatangan dibagi dengan jumlah pintu. Rata-rata pelayanan setiap pintu adalah jumlah total pelayanan yang dapat dilayani dibagi dengan jumlah pintu

pelayanan. Pada keadaan ini bahwa kedatangan lalu lintas dibagi rata pada sejumlah pintu pelayanan, serta lalu lintas tidak dapat berpindah lajur walaupun pada lajur yang dia tempati terdapat antrian sedangkan pada lajur lain yang bersebelahan kosong. Pada keadaan ini akan terdapat ketidakefisienan penggunaan pintu pelayanan sehingga mengakibatkan kelambatan yang lebih lama serta panjang antrian yang lebih panjang.

Kedua, terdapat tipe antrian dengan pengontrolan pada pintu pelayanan untuk mengatasi ketidak-efisienan yang terjadi yaitu dengan cara bahwa kendaraan yang datang dapat memilih pintu yang *leading* yaitu menuju pintu pertama yang kosong.

Persamaan untuk menganalisis antrian dengan multi pintu, kedatangan dan pelayanan random {M/M/N.( $\infty$ ,FIFO)} telah disajikan oleh May (1990); ITE (1982); Salter (1981); Morlok (1978); Wohl and Martin (1967) seperti dituliskan pada persamaan 1 sampai dengan persamaan 7.

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (1)$$

$$U_f = \frac{\rho}{N} \quad (2)$$

$$P(0) = \frac{1}{\sum_{n=0}^{N-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^N}{N!(1-\frac{\rho}{N})}} \quad (3)$$

$$E(m) = \frac{P(0)\rho^{N+1}}{N!N} \left[ \frac{1}{\{1-\frac{\rho}{N}\}^2} \right] \quad (4)$$

$$E(n) = \rho + E(m) \quad (5)$$

$$E(v) = \frac{E(n)}{\rho\mu} \quad (6)$$

$$E(w) = E(v) - (1/\mu) \quad (7)$$

Keterangan :

$\lambda$  = tingkat kedatangan kendaraan

$\mu$  = tingkat pelayanan lalu lintas

$\rho$  = intensitas lalu lintas

$U_f$  = faktor utilitas

$N$  = jumlah pintu pelayanan

$P(0)$  = probabilitas sistem kosong

$E(m)$  = jumlah kendaraan menunggu rata-rata

$E(n)$  = jumlah kendaraan rata-rata dalam sistem antrian

$E(v)$  = waktu rata-rata kendaraan berada dalam sistem antrian

$E(w)$  = waktu menunggu rata-rata

## METODOLOGI

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan cara mencatat waktu pelayanan kendaraan saat berada pada pintu tol dengan menggunakan *stop watch*. Waktu pelayanan kendaraan dihitung mulai kendaraan bergerak maju untuk dilayani sampai dengan kendaraan berjalan meninggalkan pintu tol. Selanjutnya waktu pelayanan ini dirata-rata untuk menentukan nilai waktu pelayanan yang dapat mewakili secara keseluruhan. Dalam pelaksanaannya pencatatan waktu pelayanan ini dilakukan pada pintu pengambilan karcis maupun pada pintu pembayaran. Pada pintu pembayaran masih dibedakan menjadi 2 yaitu pembayaran dengan menggunakan uang pas dan pembayaran dengan uang bebas sehingga waktunya lebih lama karena harus menunggu kembalian.

Survei pengambilan data dilaksanakan pada hari Sabtu 20 Juni 1998, pukul 06.00 - 09.00; pukul 11.00 - 13.00 dan antara pukul 15.00 - 18.00 wib.

Dalam penelitian ini digunakan alat *stop watch digital* dengan ketelitian 0,01 detik yang digunakan untuk mengukur waktu pelayanan kendaraan saat berada pada pintu tol.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

Pada pintu tol Pondok Gede terdapat 11 pintu pembayaran dan 6 pintu pengambilan karcis, selanjutnya data pengamatan lapangan yang merupakan waktu pelayanan kendaraan pada pintu pembayaran baik menggunakan uang bebas ataupun uang pas serta pelayanan pada pintu pengambilan karcis disajikan berikut ini.

Data pelayanan kendaraan yang melewati pintu pembayaran dengan menggunakan uang bebas (dimungkinkan dengan uang kembalian) tercatat 2047 data dengan nilai rata-rata sebesar 8,74 detik per kendaraan.

Data pelayanan kendaraan pada pintu pengambilan karcis masuk tercatat sejumlah 1067 data dengan nilai rata-rata pelayanan 4,06 detik per kendaraan.

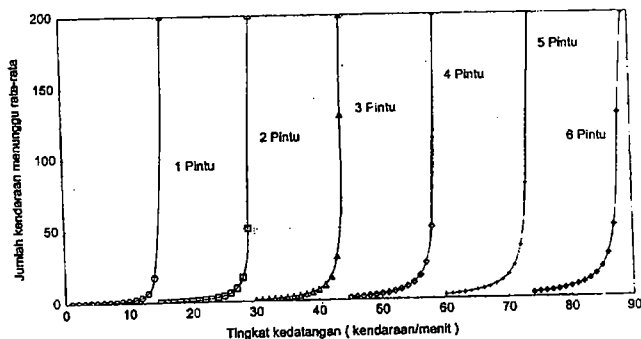
Data pelayanan kendaraan yang terjadi pada pintu pembayaran yang menggunakan uang pas tercatat 1042 data dengan nilai rata-rata sebesar 5,62 detik per kendaraan.

Dari data yang didapat di lapangan, kemudian dianalisis dengan menggunakan persamaan 1 sampai dengan persamaan 7 dan selanjutnya hasil analisis disusun sebagai berikut ini.

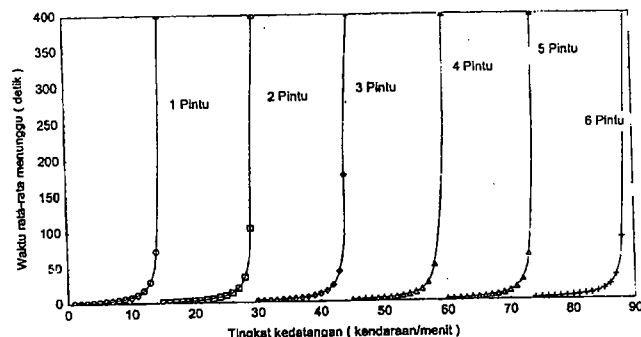
a. Analisis pada pintu pengambilan karcis masuk jalan tol disajikan dalam bentuk grafik, yaitu hubungan antara tingkat kedatangan kendaraan

dengan jumlah kendaraan antri; dan antara tingkat kedatangan kendaraan dengan waktu rata-rata kendaraan menunggu sebelum dilayani, berturut-turut disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2.

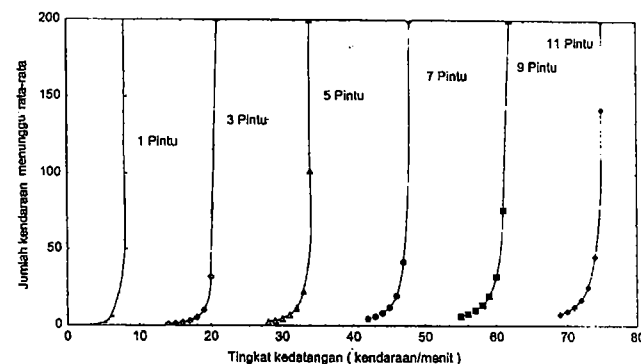
b. Analisis pada pintu pembayaran yang didasarkan pada keadaan semua pintu dioperasikan dengan menggunakan uang bebas disajikan pada grafik seperti pada pintu pengambilan karcis masuk jalan tol yaitu berturut-turut pada Gambar 3 dan Gambar 4.



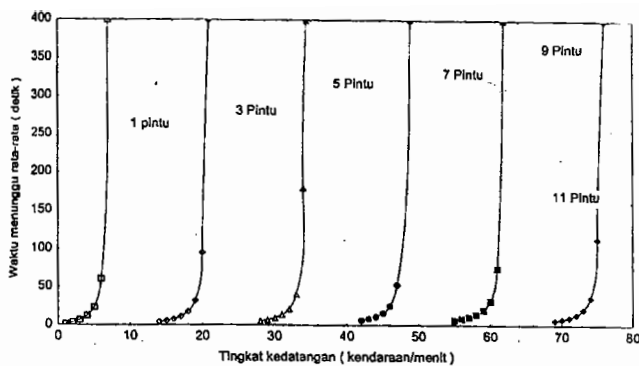
Gambar 1. Hubungan antara tingkat kedatangan dengan jumlah kendaraan menunggu rata-rata (loket pengambilan)



Gambar 2. Hubungan antara tingkat kedatangan dengan waktu menunggu rata-rata (loket pengambilan)



Gambar 3. Hubungan antara tingkat kedatangan dengan jumlah kendaraan menunggu (loket pembayaran)



Gambar 4. Hubungan antara tingkat kedatangan dengan waktu tunggu (loket pembayaran)

### Pembahasan

Hasil analisis memperlihatkan bahwa secara teoritis apabila nilai intensitas lalulintas ( $\rho$ ) lebih kecil dari 1, maka fasilitas pelayanan masih mampu melayani arus lalulintas yang ada. Namun demikian sebenarnya apabila nilai intensitas lalulintas ini sudah mendekati 1, maka kinerja dari sistem pelayanan sudah tidak baik lagi. Hal ini disebabkan karena waktu yang diperlukan oleh setiap kendaraan untuk menunggu sampai dilayani akan menjadi tinggi dan juga jumlah kendaraan antri menjadi sangat panjang. Sebagai gambaran dapat ditunjukkan di sini hasil analisis antrian pada pintu pengambilan karcis masuk yaitu apabila tingkat kedatangan kendaraan sebesar 59 kendaraan per menit (atau sebesar 3540 kendaraan/jam), maka secara teoritis dapat dilayani oleh 4 pintu (faktor utilitas  $U_f$  sebesar 0,998). Namun demikian dengan hanya membuka 4 pintu pelayanan maka waktu menunggu rata-rata yang digunakan oleh setiap kendaraan sebesar 527,31 detik atau hampir 9 menit dan dengan jumlah kendaraan menunggu sebanyak 518 kendaraan atau apabila dibagi dengan jumlah pintu pelayanan sebanyak 4 buah maka setiap pintu pelayanan terdapat kendaraan antri rata-rata 129 buah. Apabila diasumsikan setiap kendaraan antri membutuhkan ruangan sepanjang 6 meter, maka panjang antrian menjadi 774 meter. Nilai nilai seperti itu nampaknya sudah tidak layak lagi untuk suatu pelayanan lalulintas pada pintu tol. Hal ini yang harus dihindari sehingga walaupun pengguna jalan harus antri akan tetapi tidak boleh terlalu lama atau dalam antrian yang terlalu panjang. Oleh karenanya perlu penambahan jumlah pintu pelayanan, sehingga dengan tingkat kedatangan 59 kendaraan/menit dibutuhkan jumlah pintu pelayanan sejumlah 5 buah. Keadaan ini dapat dibandingkan dengan tingkat kedatangan sebesar 58 kendaraan/menit, terdapat hasil bahwa waktu menunggu rata-rata dalam antrian selama 51,66 detik

dengan jumlah kendaraan menunggu dalam antrian sebanyak 50 buah. Terlihat bahwa dengan bertambah 1 kendaraan dari 58 menjadi 59 kendaraan/menit, waktu menunggu ataupun jumlah kendaraan menunggu dalam antrian bertambah sangat banyak yaitu 475,65 detik waktu waktu menunggu atau sebanyak 428 kendaraan menunggu.

Pada Gambar 1 disajikan secara lengkap hubungan antara tingkat kedatangan lalulintas dengan jumlah kendaraan menunggu rata-rata pada loket pengambilan karcis masuk. Pada grafik tersebut untuk masing-masing jumlah pintu yang dibuka tampak bahwa pada keadaan awal apabila kedatangan kendaraan bertambah, jumlah kendaraan menunggu di depan pintu untuk dilayani juga bertambah (naik mendekati linier), namun demikian terdapat titik-titik yang mengindikasikan bahwa apabila jumlah kendaraan naik secara linier, grafik mendadak naik secara tajam sampai tak terhingga. Titik-titik tersebut merupakan batas bahwa jumlah pintu yang dibuka sudah tidak mampu lagi menampung lalulintas yang datang, sehingga pintu dibuka harus ditambah, sehingga jumlah kendaraan antri menjadi kecil lagi.

Demikian pula Gambar 2 memperlihatkan grafik hubungan antara tingkat kedatangan kendaraan dengan waktu yang dibutuhkan oleh kendaraan untuk menunggu di depan pintu tol untuk dilayani (tanpa memperhitungkan waktu yang dibutuhkan bagi kendaraan saat dilayani). Pada gambar 2 ini terlihat adanya titik-titik yang menunjukkan adanya batas perilaku yaitu apabila tingkat kedatangan kendaraan naik, maka waktu yang dibutuhkan untuk antri menjadi tak terhingga. Titik-titik ini merupakan batas kemampuan jumlah pintu yang dibuka, sehingga perlu penambahan pintu.

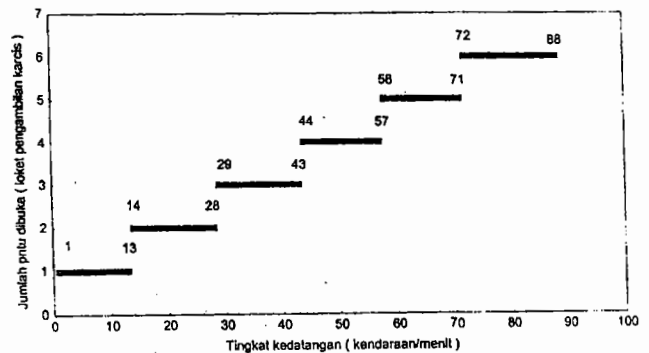
Perilaku hubungan antara tingkat kedatangan dengan jumlah kendaraan antri dan tingkat kedatangan dengan waktu tunggu rata-rata pada pintu pembayaran tampak identik dengan grafik pada pintu pengambilan karcis masuk (Gambar 1 dan Gambar 2). Hasil analisis pada pintu pembayaran disajikan pada Gambar 3 dan Gambar 4 yang terlihat adanya suatu titik apabila tingkat kedatangan naik, maka jumlah kendaraan antri ataupun waktu antrian naik secara tajam sampai dengan tak terhingga. Titik-titik inilah merupakan titik kapasitas pintu tol dalam melayani arus kendaraan sesuai dengan jumlah pintu yang dibuka. Oleh karena itu perlu penambahan pintu lagi.

Dari hasil analisis pada loket pengambilan karcis masuk ataupun pada loket pembayaran dapat diambil suatu nilai, yaitu baik jumlah kendaraan menunggu ataupun waktu tunggu rata-rata bagi suatu kendaraan yang dianggap masih layak dalam suatu antrian. Pada

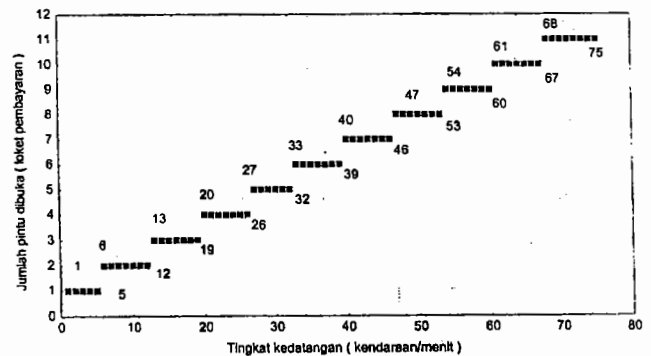
bahasan ini ditetapkan sebagai nilai waktu tunggu maksimum yang masih layak bagi suatu kendaraan diambil sebesar 40 detik, sedangkan jumlah kendaraan menunggu dalam antrian sebanyak 8 kendaraan tiap pintu. Nilai sebesar 40 detik ini didasarkan pada pendekatan bahwa grafik hubungan antara tingkat kedatangan kendaraan dengan waktu rata-rata menunggu sebelum dilayani baik pada pintu pengambilan karcis masuk ataupun pada pintu pembayaran mulai terjadi kenaikan yang mencolok pada nilai tersebut, sedangkan nilai 8 kendaraan per pintu diasumsikan bahwa setiap kendaraan membutuhkan ruangan rata-rata sepanjang 6 meter termasuk jarak antara kendaraan satu dengan kendaraan lain baik di depan maupun di belakangnya, sehingga panjang antrian sebanyak 8 kendaraan kira-kira sama dengan 50 meter panjang antrian. Dengan menetapkan nilai 50 meter untuk panjang antrian dan 40 detik untuk lama waktu menunggu sebelum dilayani ini diharapkan bahwa antrian tidak terlalu tampak panjang dan waktu menunggu bagi setiap kendaraan tidak terlalu lama. Dengan pengambilan nilai-nilai tersebut dapat dibuat suatu grafik hubungan antara tingkat kedatangan kendaraan dengan jumlah pintu yang dilayani baik untuk pintu pengambilan karcis masuk jalan tol ataupun pintu pembayaran tol. Hubungan antara tingkat kedatangan kendaraan dengan jumlah pintu tol yang disarankan dibuka pada loket pengambilan karcis masuk disajikan pada Gambar 5, sedangkan untuk pintu pembayaran apabila semua pintu dioperasikan dengan menggunakan uang bebas disajikan pada Gambar 6. Pada bagian lain jalan ini juga banyak digunakan oleh kendaraan yang sifatnya rutin setiap hari, sehingga disediakan pintu yang melayani langganan atau dengan menggunakan uang pas. Dari hasil pemantauan lapangan tampak bahwa dengan menggunakan uang pas waktu rata-rata untuk dilayani berkurang dari 8,74 detik menjadi 5,62 detik tiap kendaraan. Pengurangan waktu pelayanan ini akan meningkatkan jumlah kendaraan yang dapat dilayani. Pada bahasan ini ditulis pada keadaan hanya 2 pintu menggunakan uang pas (pintu langganan), apabila jumlah pintu dibuka berjumlah 4 atau lebih. Apabila keadaan ini yang dilakukan, maka hubungan antara tingkat kedatangan kendaraan dengan jumlah pintu dibuka disajikan pada Gambar 7.

Dengan demikian secara ringkas dapat dijelaskan di sini ialah bahwa jumlah pintu yang harus dibuka ditentukan dengan cara mengusahakan agar nilai intensitas lalu lintas ( $\rho$ ) lebih kecil satu, waktu menunggu rata-rata  $E(w)$  tiap kendaraan tidak lebih dari 40 detik serta jumlah kendaraan menunggu rata-rata pada setiap pintu pelayanan  $E(m)$  tidak lebih dari

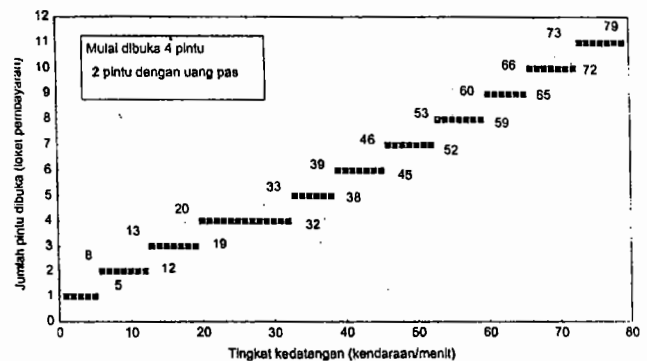
8 buah. Apabila dengan mengoperasikan sejumlah pintu pelayanan ternyata didapatkan nilai  $E(w)$  lebih besar dari 40 detik atau nilai  $E(m)$  lebih dari 8 kendaraan per pintu pelayanan, maka jumlah pintu pelayanan ( $N$ ) harus ditambah, selanjutnya hasil dari simulasi ini disajikan pada Gambar 5, Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 5. Hubungan antara tingkat kedatangan kendaraan dengan jumlah pintu pelayanan untuk pengambilan karcis



Gambar 6. Hubungan antara tingkat kedatangan kendaraan dengan jumlah pintu pelayanan untuk pembayaran dengan uang bebas



Gambar 7. Hubungan antara tingkat kedatangan kendaraan dengan jumlah pintu pelayanan apabila 2 pintu menggunakan uang pas

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Waktu pelayanan tiap kendaraan pada saat melewati pintu tol yaitu pada pintu pembayaran dengan menggunakan uang bebas, pintu pembayaran dengan uang pas dan pintu pengambilan karcis masuk jalan tol berturut-turut sebesar 8,74 detik, 5,62 detik dan 4,06 detik
2. Kapasitas pintu pengambilan karcis tanda masuk jalan tol pada Gerbang Tol Pondok Gede Timur yang berjumlah 6 buah (keluar dari Jakarta) ialah sebesar 87 kendaraan per menit dengan waktu rata-rata menunggu setiap kendaraan sebelum dilayani sebesar 34,07 detik dan jumlah kendaraan antri tiap pintu sebanyak 8 sampai 9 kendaraan.
3. Kapasitas pintu pembayaran pada Gerbang Tol Pondok Gede Timur yang berjumlah 11 buah (masuk Jakarta) apabila seluruh pintu menggunakan uang bebas ialah sebesar 74 kendaraan per menit dengan waktu rata-rata menunggu setiap kendaraan sebelum dilayani selama 36,61 detik dan jumlah kendaraan antri tiap pintu sebanyak 4 sampai 5 kendaraan.
4. Pada keadaan 2 pintu dioperasikan dengan menggunakan uang pas (dari keseluruhan 11 pintu), maka kapasitasnya menjadi sebesar 79 kendaraan per menit dengan waktu rata-rata menunggu untuk setiap kendaraan sebelum dilayani selama 30,85 detik dan jumlah kendaraan antri tiap pintu sebanyak 2 sampai 3 kendaraan.
5. Dengan mengoperasikan 2 pintu yang harus menggunakan uang pas (dari 11 pintu yang tersedia), dapat meningkatkan jumlah kendaraan yang dapat dilayani sebanyak 4 kendaraan per menit, disamping itu dapat mengurangi waktu rata-rata menunggu untuk setiap kendaraan selama 5,76 detik (dari 36,61 detik menjadi 30,85 detik) serta mengurangi jumlah kendaraan antri tiap pintu sebanyak 2 kendaraan (dari 4 sampai 5 kendaraan menjadi 2 sampai 3 kendaraan) tiap pintu pelayanan.

### Saran

1. Diperlukan survei secara khusus terhadap sejumlah petugas jaga pintu tol pada sejumlah gerbang tol yang berbeda dalam melayani kendaraan, sebaiknya jenis kendaraan yang dilayani juga dicatat sehingga dapat digunakan untuk mengklasifikasikan antara petugas yang trampil dan petugas yang kurang trampil dalam melayani kendaraan. Waktu ini dapat digunakan sebagai standar untuk menentukan waktu pelayanan minimal bagi kendaraan pada pintu tol. Nilai waktu ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam meningkatkan kapasitas pintu tol antara menambah pintu atau meningkatkan kemampuan petugas dengan menaikkan gaji.
2. Untuk melayani kendaraan yang sifatnya langganan dapat digunakan pintu otomatis dengan cara *scanning* kartu seperti pada pintu ATM, sehingga tidak diperlukan adanya petugas jaga pintu tol.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada Ir. H. Fachrurrozy yang telah memberikan pengarahan dalam melaksanakan penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- ITE, 1982, *Transportation and Traffic Engineering Hand Book*, Prentice-Hall Inc, New Jersey
- May. A.D., 1990., *Traffic Flow Fundamentals*, Prentice-Hall Inc, New Jersey
- Morlok. E.W., 1978, *Introduction To Transportation Engineering and planning*, McGraw-Hill Book Company, USA
- Salter.R.J., 1981, *Traffic Engineering Worked Examples and Problems*, The MacMillan Press LTD, London
- Wohl.M., Martin.B.V., 1967, *Traffic System Analysis for Engineers and Planners*, McGraw-Hill Book Company, USA